Limnologische und hydrobakteriologische Untersuchungen an drei Hochgebirgstümpeln im Wattental (Tirol)

(Mit Subventionierung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften aus den Erträgnissen der Zach - Stiftung).

Von O. Pesta (Wien) und K. Kuchar (Wien)

(Vorgelegt in der Sitzung am 29. Juni 1950)

Das Gebiet, in welchem die Untersuchungen durchgeführt wurden, liegt im Ursprungsbereich des Wattentales (Nordtirol, Talort: Wattens im Unterinntal); als Stützpunkt diente die der Sektion Hall des Alpenvereins gehörige Lizumer Schutzhütte (2023 m über dem Meere). Verfolgt man von ihr ausgehend bergwärts den markierten Steig zum sogenannten Klammjoch, so stößt man — in östlicher Richtung bei etwa 2200 m Höhe davon abweichend — auf zwei Tümpelgewässer; sie werden im nachfolgenden Text kurz mit Nr. I und Nr. II bezeichnet.

Von der Lizumer Hütte talauswärts schreitend, gelangt man, gegenüber dem Almhüttendorf in nördlicher Richtung abweichend, über eine Reihe von Bodenwellen aufwärts zu einem Tümpelgewässer (etwa 2000 m über dem Meere), in dessen Nachbarschaft ein kleiner Wasserfall über eine nordseitig hinziehende Steilstufe herabfällt; dieses Becken wird nachfolgend unter Nr. III angeführt.

Der Beginn der planmäßig vorbereiteten Exkursion war mit dem 9. August 1949 festgesetzt und auch eingehalten worden. Die anfänglich bei guter Wetterlage erfolgenden Arbeiten wurden leider schon am zweiten Tage durch einsetzenden Schneefall sehr stark behindert und mußten am 14. August endgültig abgebrochen werden; die Höhe des Tag und Nacht nahezu ohne Unterbrechung gefallenen Schnees betrug im Untersuchungsgelände durchschnittlich 25 cm. Daher konnten die Beobachtungen nicht, wie beabsich-

tigt, auf ein größeres Gebiet (das Mölser-Zweigtal) ausgedehnt werden und mußten sich auf die drei erwähnten Kleingewässer beschränken.

Die Auswertung der Aufsammlungen konnten die Verfasser im Laboratorium des pflanzenphysiologischen Instituts der Universität Wien vornehmen; sie verdanken dies dem außerordentlichen Entgegenkommen des Institutsvorstandes, Herrn Professor Dr. K. Höfler.

Den Herren Prof. Dr. J. Keilwerth (Wattens) und Prof. Dr. Th. Pesta (Brixlegg), welche sich der Exkursion anschlossen, gebührt Dank für ihr verständnisvolles Eingehen auf die Untersuchungsziele und für mehrfache Hilfeleistungen.

Tümpel Nr. I.

Das Becken stellt sich als ein in typischer Almbodenvegetation (mit *Loiseleuria procumbens*-Beständen) gelegenes, voller Insolation ausgesetztes, zu- und abflußloses Kleingewässer dar, in dessen Ufernähe die Büschel von Carexgräsern stärker hervortreten. Bei einer Länge von 7,24 m, die sich in der Nord-Süd-Richtung erstreckt, mißt seine größte am Nordende befindliche Breite 4 m. Die Umrißform gleicht der Gestalt einer schmal zulaufenden Zunge. Das Gewässer erweist sich in seiner gesamten Ausdehnung als außerordentlich seicht, da die gemessenen Wassertiefen an keiner Stelle das Maximum von 10—12 cm überschreiten. Den Beckenboden bedeckt braunfarbiger Schlamm, der jedoch stark zerklüftet und rissig erscheint; vermutlich fiel das Gewässer im Vorjahre bis zum Ende des Hochgebirgssommers einer völligen Austrocknung anheim. Unter normalen Witterungsverhältnissen findet ein gänzlicher Wasserschwund zweifellos regelmäßig statt; es handelt sich hier daher um einen periodischen Almtümpel, der mit Rücksicht auf seine allgemeine Beschaffenheit als Übergangsfall zum Typus Lache (= Pfütze) anzusprechen ist.

Messungen auf die aktuelle Reaktion seines Wassers ergaben die p_H-Werte 7,5 bis 7,8.

Organismennachweis: Dem Tümpel fehlt jegliche makroskopisch wahrnehmbare Wasservegetation. Aber auch die Mikroflora war in den Netzfängen höchst spärlich vertreten, denn diese enthielten nur geringfügige Mengen an Fäden von *Ulothrichales (Ulothrix, ? Microspora* sp.) sowie mehrere Exemplare der *Desmidiazeen*-Gattungen *Euastrum* und *Closterium*. Das augenfälligste Organismenelement bildete eine große Zahl gleichartiger,

aus Stengelresten hergestellter *Trichopteren*-Gehäuse, wahrscheinlich zu *Neuronia* gehörig, die an den Uferrändern auf der Wasseroberfläche trieben; keines der vielen daraufhin untersuchten Gehäuse enthielt jedoch eine Larve. Die aus den freien Wasserbezirken stammende Mikrofauna setzte sich — abgesehen von vereinzelt beobachteten, nicht näher zu identifizierenden *Rotatorien* — aus den zwei Entomostraken *Acanthocyclops vernalis* Fischer und *Chydorus sphaericus* (O. F. M.) zusammen. Der genannte Copepode fand sich in beiden Geschlechtern zahlreich und in Fortpflanzung begriffen; fast alle Exemplare waren von Epibionten (? *Tocophrya cyclopis*) besiedelt. Die Cladocere, gering an Körpergröße und von hochrückigem Schalenumriß, erwies sich dem Cyclopiden zahlenmäßig unterlegen.

Die Durchmusterung des schlammigen Bodensedimentes lieferte den Nachweis mehrerer *Difflugien*, vor allem jedoch vieler *Nematoden* (vom Typus *Dorylaimus*) und eines *Lumbriculiden*. Auch eine junge *Dytisciden*-Larve wurde gefunden.

Es sei erwähnt, daß die sonst in solchen Becken meist anzutreffenden Chironomidenlarven nicht beobachtet werden konnten. Desgleichen fehlten die Ostracoden und Mollusken.

Tümpel Nr. II.

Dieses Wasserbecken befindet sich auf gleicher Geländehöhe (etwa 2200 m) und nur 16 m in gerader südlicher Richtung entfernt vom Tümpel Nr. I. Aus dem Verlauf der zur Beobachtungszeit (10. August 1949) zwar vollständig wasserlosen und normal bewachsenen Trennungsstrecke zu schließen, ist es allerdings nicht unmöglich, daß zur Zeit der Frühjahrsschmelze beide Tümpel auf kurze Dauer miteinander in wasserführender Verbindung stehen.

Im Uferumriß besitzt der Tümpel II, dem ebenfalls ein Zu- und Abfluß fehlen, ungefähr die Form einer Birne, deren zulaufend verschmälertes Ende gegen Norden, der breite Anteil gegen Süden gerichtet ist. Sein Längenmaß beträgt 10,20 m, seine größte Breite 7,50 m. Die eigentliche Wasserfläche hat jedoch infolge trockenliegender Randpartien längs des West- und Südufers eine entsprechende Verkleinerung erfahren. Als maximale Wassertiefen wurden bloß 20 cm gemessen. Den Tümpelboden bedeckt (wie beim Tümpel Nr. I) braunfarbiger Schlamm, zwischen welchem einzelne größere Steine eingebettet liegen; er zeigt — im Gegensatz zum Tümpel I — keine Sprünge, woraus geschlossen werden darf, daß hier eine vollständige Austrocknung, d. h. ein vollständiger Wasserverlust, nicht regelmäßig stattfindet.

Auf Grund der Ermittlungen mit dem Universalindikator von Merck erwies sich das Tümpelwasser als schwach sauer, da die p_H-Werte durchwegs 6,5 betrugen.

Organismenbestand: Eine makroskopisch wahrnehmbare Wasservegetation fehlt; lediglich einige Zwergexemplare von *Callitriche* sp. besiedeln stellenweise die äußerste Randzone des Ufers.

Auch in bezug auf die Algenbesiedlung gleicht dieses zweite Seichtbecken dem Tümpel Nr. I. Es findet sich darin ein sehr gering entwickelter Bestand an Chorophyceen (*Ulothrichales*) und zahlreich *Closterium striolatum*. Desgleichen sind hier die ihrer Bewohner entbehrenden Trichopterengehäuse von derselben Bauart, wie sie im nahegelegenen ersten Tümpel angetroffen wurden, vorhanden. Das in den Netzfängen aufgesammelte Mikromaterial setzt sich neben vereinzelt vorkommenden *Rotatorien* vorherrschend aus dem Copepoden *Acanthocyclops vernalis* Fischer und aus vielen Ephippien zusammen, die gemäß ihrer Größe und Form von *Chydorus* stammen dürften. Der Nachweis eines Tardigraden kann als zufällig beurteilt werden.

Im Bodensediment, welches reichlich organischen Detritus enthält, leben größere Mengen von *Nematoden* (*? Dorylaimus*).

Gegensätzlich zum Tümpel Nr. I beherbergt dieses Becken einige Taumelkäfer (*Gyriniden*) und einen *Dytisciden* (*Agabus* sp.). Außerdem wird das Gewässer vom Bergmolch (*Triturus alpestris*) bewohnt.

Endlich soll vermerkt werden, daß hier kein Vorkommen von Chironomidenlarven zu beobachten ist. Ebenso negativ bleibt auch der Nachweis von Ostracoden und von Mollusken.

Tümpel Nr. III.

Am Fuße einer im Nordwesten ansteigenden Steilstufe des zur Lizumer Alpe gehörigen Geländes, welches hier eine mit Felsblöcken und grobem Geröllschutt bedeckte und von reichen Alpenrosenbeständen (*Rhododendron ferrugineum* und *hirsutum*) überwucherte Bodensenkung bildet, liegt das dritte der besuchten Kleingewässer. Es bot infolge des an den vorausgehenden Tagen fast ununterbrochenen Schneefalles einen tief winterlichen Eindruck zur Beobachtungszeit (13. August 1949, 11 Uhr a. m.). Die gut einen Viertelmeter hoch angesammelten Schneemassen ließen kaum den Verlauf des Beckenufers erkennen, und fast die gesamte Wasseroberfläche war von Schneebrei erfüllt, so daß die Untersuchung nur lückenhaft vorgenommen werden konnte.

Der in rund 2000 m über dem Meere gelegene Tümpel erstreckt sich in der Nordwest-Südost-Richtung auf eine Länge von 9 m, bei einer größten Breite von 4,90 m und besitzt annähernd die Umrißform eines Rechteckes. Obwohl ohne einen oberirdisch sichtbaren Zufluß, bewirkt ein an der Ostseite des Ufers austretendes Abflußgerinne eine nicht allzustarke, doch immerhin merkbare Wasserströmung, die vielleicht die Entfaltung empfindlicherer Planktonelemente zu verhindern vermag.

Soweit die Beschaffenheit des Beckenbodens zu ermitteln war, zeigte sich lockerer Schlammgrund von hellem Farbton. Die Messungen der Wassertiefen ergaben im Maximum 60—65 cm. Der nachgewiesene p_H-Wert betrug 7,6.

Der Organismengehalt: An den schneefreien Stellen war eine reichlich vorhandene Fadenalgenvegetation zu beobachten, vor allem an *Spirogyren*, während die Netzfänge zahlreich *Diatomeen*, große *Closterium-Pritchardianum* (Länge 480 μ bis 500 μ, Breite 34 μ) und häufig auch *Nostocaceen*-Kolonien enthielten. Wegen des verschneiten Zustandes des Gewässers konnte nicht mit Sicherheit auf einen Mangel anderer Wasservegetation geschlossen werden. An tierischen Organismen fanden sich Jugendstadien einer *Cyclops*-Spezies nur spärlich, hingegen zahlreich *Chydorus sphaericus* (O. M.). Die Insekten waren durch Larven- und Puppenstadien von *Chironomiden* vertreten. Das flockige, an organischem Detritus reiche Bodensediment beherbergte zahlreiche Exemplare von *Nematoden* sowie einige Oligochaeten vom *Chaetogaster*-Typus. — Auf der Oberfläche des freien Wassers tummelten sich mehrere Wasserläufer der Gattung *Gerris*.

*

In vergleichender Rückschau auf die Ergebnisse, welche bisher über die limnologische Beschaffenheit ostalpiner Hochgebirgstümpel gewonnen wurden, müssen die beiden ersten der hier behandelten temporären Wasserbecken (Tümpel Nr. I u. II) als organismenarm angesprochen werden; sie gehören somit zur oligozoischen Hauptgruppe (nach Pesta). Dazu ist im besonderen hervorzuheben, daß sich der Tümpel Nr. I zweifellos sehr stark dem Charakter einer Lache (= Pfütze) nähert und aus diesem Grund einen Grenzfall darstellt, der zur Kennzeichnung typischer Tümpel nicht geeignet erscheint. Bezüglich des hier als Tümpel Nr. III bezeichneten Wasserbeckens, welches sich unter anderem durch seine größere Tiefe (65 cm) und durch die zwar geringe, aber immerhin bestehende Durchströmung von den Tümpeln Nr. I u. II unterscheidet, hat der eingetretene Schneefall entsprechende Unter-

suchungen am Standort behindert, so daß über seinen Organismenbestand nur lückenhafte Ergebnisse erzielt werden konnten. Von einem Versuch seiner Eingliederung in das limnologische Tümpeltypensystem soll vorläufig abgesehen sein. Wie jedoch aus den anschließenden Angaben über seinen Bakteriengehalt zu entnehmen ist, weicht der Tümpel Nr. III auch darin von den zwei erstgenannten Gewässern ab.

Die Bakterien.

Die bakteriologische Untersuchung, die einen Beitrag zur Typisierung der alpinen Kleingewässer zu liefern hat, soll auch zu vergleichenden Erörterungen bei analogen Untersuchungen im Flachland herangezogen werden. Besonderer Wert wurde deshalb auf die Sauerstoffverhältnisse gelegt, die in mannigfacher Beziehung zur Bakterienflora stehen; ferner wurde die Temperatur gemessen, die einerseits ergänzend zur Sauerstoffmessung durchgeführt werden muß, andererseits aber als begrenzender Faktor, ebenso wie die Alkalinität, in Erscheinung treten kann. Die Beckengestaltung, deren Einfluß auf die Biozönose im Flachland nachgewiesen werden konnte, soll auch hier Berücksichtigung finden.

Die Alkalinität des 12 cm tiefen Tümpels Nr. I beträgt 1,3 ccm n/10 HCl. Die Wassertemperatur steht zur Zeit der Probeentnahme (Mittags[1]) ebenso wie in den beiden anderen Tümpeln über der Lufttemperatur und beträgt an der Oberfläche 6,0° C, in Bodennähe 5,8° C; Luft knapp oberhalb des Wasser 2,0° C. Der Sauerstoffgehalt beträgt in allen Schichten 9,66 mg/l. Dem entspricht ein Defizit an der Oberfläche etwa 2,7 mg/l, am Boden etwa 2,8. Die spärliche Bakterienflora ist ziemlich gleichmäßig in allen Schichten verteilt. Knapp unter der Oberfläche wurden 80 Kolonien pro ccm gezählt, unmittelbar ober dem Tümpelboden 110. Mehr als ein Drittel der gesamten Kolonien wird von *Flavobacterium fuscum* (Zimm.) Bergey gebildet. Fast denselben Prozentsatz erreicht *Achromobacter delictatulum* (Jordan) Bergey. Vereinzelt tritt *Achromobacter geniculatum* (Wright) Bergey und eine Nitrat nicht reduzierende Form des *Bacillus liquidus* Frankland auf. Sehr bemerkenswert ist die hohe Zahl der Pilze, etwa 40 im ccm, gleichmäßig verteilt auf den Platten mit Oberflächen- und bodennahem Wasser.

Ebenfalls kaltes Wasser (oben 6,2, unten 6,5° C), Luft 2,0° C, führt der tiefere Tümpel Nr. II, dessen Alkalinität weit geringer

[1] Anmerkung: nach eingetretenem Schneefall!

(0,5) ist. Dem höheren Defizit des Oberflächenwassers (3,6 mg/l) und dem geringeren Sauerstoffgehalt (8,8 mg/l) entspricht die höhere Bakterienzahl (250 pro ccm) gegenüber den bodennahen Schichten mit 2,8 mg/l Defizit, 9,4 mg/l Sauerstoff und 90 Kolonien im ccm. In der Artenzusammensetzung tritt eine deutliche Verschiebung zugunsten *Achromobacter geniculatum* (Wright) Bergey auf, das zu etwa 25% an der Gesamtzahl beteiligt ist, während *Flavobacterium fuscum* (Zimm.) Bergey, im Tümpel I gedeihend, mit etwa 5 Kolonien pro ccm ganz zurücktritt. Die zweite Stelle nimmt mit 14% der an der Oberfläche angereicherte und in den unteren Schichten nur vereinzelt vorkommende *Bacillus punctatus* Zimmermann ein, welcher im ersten Tümpel überhaupt nicht gefunden wurde. Dann folgt mit etwa 7% *Bacillus liquidus* Frankland, ebenfalls an der Oberfläche stärker angereichert. *Achromobacter delictatulum* (Jordan) Bergey, im Tümpel I zahlreich, fehlt hier ganz. Die *Eumyzeten* treten mit drei Kolonien pro ccm ganz zurück.

Von den beiden vorigen setzt sich der T ü m p e l III stärker ab. Das Säurebindungsvermögen erreicht hier mit 1,8, entsprechend 4,04 D. H. Karbonathärte, den höchsten Wert. Der ebenfalls O_2-reiche Standort — der Sauerstoffgehalt erreicht Werte oben 9,44 unten 9,12 mg/l —, dessen Wassertemperatur unter 10° C liegt (zur Zeit der Probeentnahme oben 5,3, unten 6,2, Luft 4,0° C), ist 65 cm tief, die Oberfläche beträgt 36 m^2, der Quotient Oberfläche/Tiefe nur 0,6. Demnach handelt es sich nicht mehr um ein flaches Becken, eine Feststellung, die bei hydrobakteriologischen Untersuchungen besondere Bedeutung erlangt. Die Bakterienflora — oben 160, unten 70 pro ccm — setzt sich zusammen zu etwa 27% aus dem vor allem an der Oberfläche angereicherten *Bacillus aquatilis radiatus* Flügge, der in den beiden ersten Tümpeln überhaupt nicht vorkommt, und dann aus *Bacillus liquidus* Frankland. Ferner kommen neu hinzu, obzwar in geringer Zahl, *Flavobacterium lutescens* (Lustig) Bergey und *Micrococcus candicans* Flügge. Ganz vereinzelt *Sarcina lutea* Flügge emend. Lehm. et Stub. Die *Eumyzeten* sind spärlich.

Besprechung.

Die beiden ersten Standorte weisen eine Reihe gemeinsamer Züge auf, aber auch an Unterschieden mangelt es nicht. Im Tümpel I fehlt der im Tümpel II reichlich auftretende *Bacillus punctatus*, an seine Stelle tritt *Achromobacter delictatulum*, der im Tümpel II fehlt. Viel bemerkenswerter erscheint mir indessen der quantitative Unterschied: Im ersten Standort treten *Flavobacte-*

rium fuscum und die *Eumyzeten* sehr häufig auf, sind dominierend, im zweiten dagegen sind sie spärlich.

In der Artenzusammensetzung setzt sich der dritte Tümpel stärker von den anderen ab. *Achromobacter geniculatum, A. delictatulum, Bac. punctatus* und *Flavobacterium fuscum* fehlen. Dafür treten neu hinzu, obwohl nicht zahlreich *Flavobacterium lutescens, Micrococcus candicans* und ganz vereinzelt *Sarcina lutea.* Dies ist also der einzige Standort, in welchem die Familie *Coccaceae* überhaupt vertreten ist. Eine weitere Form, die ebenfalls in den beiden ersten Biopten nicht vorkommt, *Bacillus aquatilis radiatus,* gewinnt hier, vor *Bacillus liquidus,* sogar die Dominanz.

Die an sich artenarme Bakterienflora besteht durchwegs aus Formen, die auch im Flachland anzutreffen sind. Nur ist die Zusammensetzung systematisch ziemlich einheitlich. Die Familie *Bacillaceae* Lehm. et Neum. fehlt ganz, die Familie *Coccaceae* ist nur vereinzelt vertreten. Von den sporenlosen Stäbchen sind *Bacillus punctatus* Zimm., *Bac. liquidus* Frankl. und *Achromobacter geniculatum* (Wright) Bergey polar begeißelt, gehören demnach dem Genus *Pseudomonas* Migula an.

Physiologisch von Interesse ist, daß keiner der isolierten Stämme als Stoffwechselprodukte Indol oder Methylacetylcarbinol bildet. Säurebildner sind nur *Flavobacterium fuscum* und *Achromobacter delictatulum.* Unter Gasbildung wird Laktose nur von letzteren vergoren. Ökologisch sind wohl die Fähigkeiten, Schwefelwasserstoff zu bilden neben der Nitratreduktion die interessantesten. Schwefelwasserstoffbildner und, das soll gleich vorweggenommen werden, Denitrifikanten gibt es keine. Wohl aber eine Reihe von Formen, die Nitrate zu Nitriten reduzieren. Zu ihnen gehören *Flavobacterium lutescens, Fl. fuscum, Achromobacter delictatulum, Bacillus aquatilis radiatus* und *Sarcina lutea.* Kein Nitrit bilden *Bacillus punctatus, Bac. liquidus* und *Micrococcus candicans. Achromobacter geniculatum* nur Spuren. Bemerkenswert ist, daß die starken Nitritbildner *Achromobacter delictatulum* und *Flavobacterium fuscum* im Tümpel I dominierend auftreten. Im zweiten Tümpel kommt von Nitratreduzenten überhaupt nur *Flavobacterium fuscum* vor und das nur spärlich. Der stärkste Nitratreduzent *Flavobacterium lutescens* kommt nur im Tümpel III vor, auch hier spärlich. Der ebenfalls im Tümpel III vorkommende, aber zahlreiche *Bacillus aquatitis radiatus* reduziert schwächer, ebenso wie die ganz vereinzelt auftretende *Sarcina lutea.*

Die Bakterienzahlen sind durchwegs klein und bewegen sich im Durchschnitt zwischen 100 und 200 pro ccm. Die Ursache dürfte wohl vor allem in zwei Faktoren zu suchen sein:

der niedrigen Alkalinität und Temperatur. Erfahrungsgemäß sind Standorte mit geringer temporärer Härte auch bakterienarm. Die niedrige Alkalinität dürfte, wohl im Zusammenspiel mit den p_H-Schwankungen, denen die schwach gepufferten Wässer ausgesetzt sind, als begrenzender Faktor gelten. Allerdings ist angesichts der Tatsache, daß die ersten zwei Tümpel eines *Kormophyten*bewuchses als auch stärkerer Algenvegetation entbehren und damit der vornehmlichsten Faktoren, welche als auslösendes Moment für die p_H-Schwankungen in Betracht kämen, die wachstumhemmende Wirkung der Schwankungen also selbst durchaus diskutabel. Zum Kapitel Bikarbonate gehört wohl auch das auffällige Auftreten zahlreicher Pilze. Im Tümpel I sind 40 Kolonien pro ccm gefunden worden, Zahlen, die im Flachland vor allem von Gewässern erreicht werden, deren Karbonathärte gering ist. So etwa von *Potamogeton*standorten. Dies und andere Erscheinungen gaben Anlaß, die untersuchten *Potamogeton*standorte als Gewässer von „o bis βm saproben Typus mit Pilzvegetation" zu kennzeichnen (Kuchar 1950). Hier liegt etwas ganz analoges vor, wie sich zeigt auch in bezug auf die Bakterienflora, weshalb die hier behandelten Standorte zum selben Typus zu zählen wären. Sie sind *Potamogeton*gewässer ohne *Potamogeton*.

Dies das erste. Zum zweiten dürfte die niedrige Temperatur begrenzender Faktor sein, was schon aus der qualitativen Zusammensetzung der Bakterienflora hervorgeht. Die kultivierten Bakterien sind größtenteils nahezu psychrophil. Ausgesprochen mesophile Arten mit dem Temperaturoptimum bei 37° C wurden überhaupt nicht gefunden. Hinzugefügt muß werden, daß zwar das Optimum für alle gefundenen Arten bei 20—25° C liegt, wohl aber *Achromobacter geniculatum*, *Micrococcus candicans*, *Flavobacterium lutescens* und *Flavobacterium fuscum* auch bei 37° C noch gut gedeihen, die beiden ersteren sogar ausgeprochen eurytherm sind und bei dieser Temperatur üppiges Wachstum zeigen. Alle anderen wachsen bei 37° C überhaupt nicht mehr. Das ist deshalb von Interesse, weil dies zum Teil Anpassungserscheinungen an niedrige Temperaturen sind. Denn Stämme derselben Arten aus dem Flachland, wie etwa *Achromobacter delictatulum* und *Bacillus liquidus*, die sich morphologisch und kulturell sonst völlig analog zu den Hochgebirgsstämmen verhalten, wachsen bei 37° C, wenn auch zum Teil kümmerlich.

Soweit zur Bakterienzahl. Die Verteilung der Bakterien hängt weitgehend von der Beckenmorphologie ab. Im sehr seichten Tümpel I, dem bakterienärmsten, sind die Keime in allen Schichten gleichmäßig verteilt. Die beiden anderen zeigen eine

ausgeprägte Schichtung: Die Zahlen erreichen oben mehr als das Doppelte im Vergleich zu den bodennahen Schichten. Dies steht in gutem Einklang mit den an Flachlandtümpeln gewonnenen Ergebnissen, wonach die Tiefe für die Bakterienverteilung entscheidend ist; und zwar insofern, als das Oberflächenwasser flacher Biotope, deren Tiefe 50 cm oder weniger beträgt, das bakterienreichere ist. Wohl wird im Tümpel III die 50-cm-Grenze bereits überschritten, doch könnte das zu Lasten der, wenn auch geringen, Strömung innerhalb dieses Beckens gelegt werden.

Schließlich war es von Interesse zu untersuchen, wieweit die im Flachland festgestellten Korrelationen zwischen Bakterien und Sauerstoff auch auf das Hochgebirge übertragbar sind. Für das Flachland gilt, daß die Bakterienzahl sowohl im Sauerstoffreichen als auch O_2-armen Gewässern hoch sein kann, sofern nicht hemmende Faktoren in Erscheinung treten. Wachstumwidrig ist, wie schon dargelegt, niedrige Alkalinität. Andererseits sind Standorte mit hoher Bakterienzahl nur dann O_2-reich, wenn sie hinreichend flach und von großer Oberfläche sind. Der angeführte Quotient Oberfläche/Tiefe (Kuchar 1950) muß mindestens 1,6 sein.

Die beiden ersten Standorte sind flache Becken, mit dem Quotienten F/T 1,8 bzw. 2,7 und zudem bakterienarm, der Sauerstoffgehalt also entsprechend groß. Der tiefste, III, hat eine maximale Tiefe von 65 cm, seine Oberfläche beträgt 36 m^2, der Quotient F/T ist daher 0,6. Standorte von so niedrigem Quotienten sind nur dann sauerstoffreich, wenn die Bakterienzahl gering ist, mit anderen Worten, wenn ein wachstumhemmender Faktor, etwa niedrige Alkalinität, auftritt. Dies ist auch der Fall, die Alkalinität beträgt 1,8. Ferner kommt noch die niedrige Temperatur hinzu, die wohl auch an sehr heißen Tagen, an denen der völlig unbeschattete Tümpel der vollen Insolation ausgesetzt ist, nicht sehr hoch ansteigt, allenfalls die 10°-C-Grenze kaum überschreiten mag, da ständiger Zufluß kalten Quellwassers stattfindet. Temperaturen unter 10° C sind offenbar ebenfalls begrenzender Faktor für die meisten Wasserbakterien.

Wie aus dem Dargelegten also hervorgeht, ist der Sauerstoffgehalt für tiefere Becken mit verhältnismäßig kleiner Oberfläche sehr stark von der Bakterienflora abhängig. In flachen hingegen ist der Einfluß der Bakterien auf den Sauerstoffgehalt minimal. Die O_2-Schichtung innerhalb eines Biotops aber wird von der Bakterienflora maßgeblich beeinflußt, unabhängig von der Tiefe. Das trifft auch im 20 cm tiefen, bakterienreichsten Standort II zu. An der Oberfläche mit mehr als der doppelten Bakterienzahl

herrscht auch ein höheres Sauerstoffdefizit als in Bodennähe. Der ganz flache Tümpel I mit maximaler Tiefe 12 cm, der zugleich auch der bakterienärmste ist, wobei die Zellen ziemlich gleichmäßig in allen Schichten verteilt sind, zeigt keine Defizitdifferenzen. Desgleichen der leicht durchströmte III.

Zusammenfassung.

Die durchwegs kalten[1], sauerstoffreichen Gewässer sind sehr bakterienarm. Geringe Karbonathärte und niedrige Temperaturen sind offenbar die begrenzenden Faktoren.

Die Schichtung der planktischen Bakterienformen der an sich flachen Standorte entspricht den an Flachlandbiotopen gewonnenen Ergebnissen. Desgleichen die Sauerstoffdefizite, die im Tümpel II konform mit der Bakterienschichtung verlaufen. Im dritten, leicht durchfluteten Standort besteht diese Beziehung nicht. Der Tümpel I, dessen maximale Tiefe nur 12 cm mißt, zeigt keinerlei Schichtungen.

Die Artzusammensetzung zeigt keine spezifischen Hochgebirgsformen, die gezüchteten Bakterien kommen auch in Flachlandgewässern vor. Es sind durchwegs Formen, deren Temperaturoptimum bei 20—25° C liegt.

Die Standorte erinnern, wenigstens teilweise, stark an Potamogetongewässer.

[1] D. h. für Tümpel I und II: großen Temperaturschwankungen unterliegenden Gewässer!

Literaturhinweise.

Angaben über Veröffentlichungen auf dem hier in Betracht kommenden Fachgebiet finden sich in nachfolgend zitierten Abhandlungen:

P e s t a, O., Beiträge zur limnologischen Kennzeichnung ostalpiner Kleingewässer, in: Carinthia II (Mitteilgn. d. naturwiss. Vereines f. Kärnten), Jahrg. 137/138, Klagenfurt 1948.

K u c h a r, K., Bakterien und Sauerstoff in Kleingewässern, in: Archiv f. Hydrobiol. vol. 44, Stuttgart 1950.